Textgrundlage dieses Taschenbuches ist der Band III
des im Kindler Verlag erschienenen Werkes
»Die Großen der Weltgeschichte«,
herausgegeben von Kurt Fassmann
unter Mitwirkung von Max Bill, Hoimar von Ditfurth,
Hanno Helbling, Walter Jens, Robert Jungk und Eugen Kogon.

Für die Taschenbuchausgabe bearbeitet
von Marion Schmid.

Revidierte Ausgabe
Fischer Taschenbuch 17017
Mai 1984
Fischer Taschenbuch Verlag GmbH, Frankfurt am Main
Lizenzausgabe mit freundlicher Genehmigung
der Kindler Verlag AG, Zürich

Umschlaggestaltung: Jan Buchholz/Reni Hinsch
Gesamtherstellung: Clausen & Bosse, Leck
Printed in Germany
1080-ISBN-3-596-17017-6



SIGRID HUNKE

Al-Hwarizmi

AL-ḪWĀRIZMĪ (auch al-Chwarismi, eig. Abū Ǧaʿfar oder Abū ʿAbdallāh Muḥammad ibn Mūsā), arabisch-islamischer Mathematiker und Astronom am Hof des 7. Abbasidenkalifen al-Ma'mūn (813–33) in Bagdad, wurde um 780 in Quṭrubul westlich des Tigris geboren. Die Familie stammte aus Chiwa in Choresmien (heute in Usbekistan), der nordöstlichsten Provinz des Abbasidenreichs. In Bagdad, dem Zentrum des islamischen Herrschaftsgebiets um 800, lernte al-Ḫwārizmī die ins Arabische übersetzten Schriften des Euklid und des Ptolemäus ebenso kennen wie die indische Mathematik und Astronomie. Er gehörte der neuen Akademie am Šammāsīya-Tor an, wo besonders Astronomie betrieben wurde, und hatte auf Befehl des Kalifen einen Auszug aus dem *Sindhind*, einem astronomischen Lehrbuch der Inder, herzustellen. Es entstand ein astronomisches Tafelwerk, das den wissenschaftlichen Ruhm al-Ḫwārizmīs begründete. Auf dieser Grundlage und anhand systematischer Sternbeobachtungen revidierte ein von al-Ma'mūn bestelltes Astronomenteam das Tafelwerk des Ptolemäus und kam zu erstaunlich exakten Resultaten. Bezeichnend für al-Ḫwārizmī ist, daß er – unbeeindruckt von der wissenschaftlichen Autorität seiner Vorgänger – nichts als bewiesen hinnahm, was keiner empirischen Überprüfung standhielt. Er verfaßte Werke über Geographie, Chronologie und über Instrumente zur Zeitmessung und geographischen Ortsbestimmung, die sich durch vorbildlich klare Sprache und präzise Terminologie auszeichnen. In die Geschichte der Wissenschaft ist er durch seine mathematischen Werke eingegangen: *Ḥisab al-Ǧabr wa'l-Muqābala* (um 820), ein systematisches Lehrbuch des Rechnens mit Gleichungen, und *Kitāb al-Ǧamʿ wa 'l-Tafrīq*, ein Rechenbuch, in welchem er die im Vergleich zur griechischen Zahlenschreibweise mit Buchstaben einfachere indische Zahlenschreibung und das überlegene Rechenverfahren mit dem Stellenwertsystem und der Null übernahm. Al-Ḫwārizmī starb wahrscheinlich nach 847 in Bagdad. (Eine bildliche Darstellung von al-Ḫwārizmī scheint nicht überliefert zu sein.)

»Diese neue Kunst«, so begann ein im 13. Jahrhundert verfaßtes lateinisches Lied, das in der lateinisch sprechenden und römisch rechnenden Welt mutig für die »indischen« Zahlzeichen warb, »heißt Algorithmus, in der wir folgende zweimal fünf Ziffern der Inder genießen.« Es war ein revolutionäres Werkchen, gezielt gegen die Alleinherrschaft der althergebrachten und unbeweglichen, allen Fortschritt hemmenden römischen Zahlschrift. Gegen ihre Vertreter – die »Abacisten« – und deren unbeholfenes Rechnen durch Schieben von Rechensteinen auf dem Rechenbrett, dem »Abacus«, traten im Zeichen des »Algorithmus« jetzt die modernen »Algorithmiker« zu einem schier aussichtslos scheinenden Kampf an, in dem sie erst nach Jahrhunderten den Sieg errangen.[1]
»Algorithmus« – so heißt noch heute jedes »wiederkehrende, zur Regel gewordene Rechnungsverfahren«. Ein mysteriöses Wort, das gelehrte Wortdetektive schon seit jener Zeit auf abenteuerliche Spuren gelockt hat. Eins stand jedenfalls für sie alle fest: Wen sonst als die Griechen, die »Schöpfer aller Kultur«, konnte man aus diesem Begriff vernehmen? Denn schon *alleos*, fremd, und *goros*, Betrachtung, wiesen ihn – wie einer zu wissen glaubte – als eine fremde Betrachtungsweise aus. Nein, vielmehr gebe er sich in *argis*, griechisch, und *mos*, Sitte – meinte ein anderer – bereits selbst als eine »griechische Sitte« aus. Weit gefehlt, erklärte der Dritte und glaubte, *ares*, die Kraft, und *ritmos (arithmos)* die Zahl, aus ihm herauslesen zu können. Doch näher schien ein Vierter der Sache zu kommen: In Algorithmus stecke ein griechisches *algos*, das weißer Sand bedeute; mit *ritmos*, die Zahl, deute es auf das bei den Alten gebräuchliche Rechnen auf Tafeln hin, die mit Sand bestreut gewesen seien. Ein Fünfter zerlegte das heißumstrittene Wort sogar in *algos*, die Kunst, und *rodos*, die Zahl – eine Zahlenkunst also!
Aber es gab auch Indizien, die eine ganz andere Lösung nahelegten. In einer Xantener Handschrift des jüngeren Titurel wurde gefragt, ob »Algorismus« wohl noch lebe. War hier eine heiße Spur? Hatte man es mit dem Namen eines Mannes zu tun? Einem unbekannten König Algorus aus Indien, einem sagenhaften christlichen König

1 Sigrid Hunke, *Allahs Sonne über dem Abendland*, Stuttgart 1960, S. 41–68. – Alexander de Villa Dei (um 1170 Villedieu-les-Poêles / Manche – um 1250 Avranches), französischer Grammatiker, verfaßte u. a. auch eine Versgrammatik (*Doctrinale puerorum*), die den Veränderungen der lateinischen Sprache vom klassischen Latein zum Mittellatein Rechnung trug und damit die älteren Grammatiken des Donatus und Priscianus verdrängte.

Algor von Kastilien und einem Philosophen Algus schob man die Urheberschaft zu.

Da nahm mit einem vielversprechenden Einfall ein späterer Deuter eine ganz neue Fährte auf: War einmal an dem Werk des Ptolemäus seit seiner Übersetzung durch die Araber durch Zusammenziehung des arabischen Artikels *al* mit dem griechischen Superlativ *megistos* der Bastardname *Almagest* hängengeblieben, warum sollte dann nicht in »Algorithmus« ebenfalls ein arabisches *al* mit dem griechischen *arithmos* verschmolzen sein? Ein irrtümlich eingeschobenes »g« wäre bei so abenteuerlichen Umwegen nicht verwunderlich.

Erst 1845 war der Fall geklärt. Der Franzose Reinaud entlarvte das geheimnisvolle Wort: »Algorithmus« war nichts anderes als die Latinisierung von »al-Ḫwārizmī«, dem Namen eines arabischen Gelehrten.[2]

Es ist die Epoche, in der im Abendland der Sohn Karls des Großen, Kaiser Ludwig der Fromme (814–840), das Reich seines Vaters wieder aufs Spiel setzt. Im Bayt al-Ḥiqma, dem »Haus des Wissens« in Bagdad, sitzt um diese Zeit al-Ḫwārizmī über seinen Manuskripten: die oft mit Menschen überfüllten Moscheen, die als Versammlungsorte der Gläubigen auch die Koranlehrer mit ihren Schülern aufnehmen, von denen Kreis auf Kreis sich dicht um die Säulen schließt, an die gelehnt ein Gelehrter seine Vorlesungen diktiert, bieten bei der wachsenden Lernbegierde dem Studium und der Forschung längst nicht mehr genügend Raum. Ihnen geben die Abbasidenkalifen Harun ar-Raschid und al Ma'mūn mit ihren Akademien neue Heimstätten.[3] Im Bayt al-Ḥiqma arbeiten Übersetzer daran, alte, fremde Handschriften ins Arabische zu übertragen. Hier stehen unter dem hohen Kuppeldach die ständig wachsenden Büchersammlungen griffbereit. Hier schreibt, Wand an Wand mit den Gelehrten des Kalifen, al-Ḫwārizmī seine Werke über Mathematik, Astronomie, Geographie, Geschichte nieder – einer der frühesten, immer vielseitigen Wissenschaftler arabischer Zunge, dessen Genialität bis in das dunkelste Abendland ausstrahlen sollte, und bis in die Gegenwart. Abū Ǧaʿfar Muḥammad ibn Mūsā al-Ḫwārizmī al-Maǧūsī al-Quṭrubulli stammt – wie der Name sagt –

2 J. T. Reinaud, *Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde*, Paris 1845, S. 303 f.

3 Zu Ma'mūn vgl. HARUN AR-RASCHID, Bd. 13, S. 13 (Stammtafel der Familie des Propheten Mohammed und der Abbasiden).

von einem »Magier« ab, einem »Feueranbeter«, einem zoroastrischen Priester. Aus Chiwa in Ḫwārism (Choresmien), aus der nordöstlichsten Provinz des Abbasiden-Reichs ist seine Familie in die Nähe der Hauptstadt Bagdad gezogen und hat sich in Quṭrubul westlich vom Tigris niedergelassen. Hier wird – etwa während der Jugendzeit Harun ar-Raschids – der Sohn geboren, dem sein Vater Mūsā (Moses), der sich bereits zum Islam bekannte, den Namen des Propheten, Mohammed, gibt.

Dieser Muḥammad ibn Mūsā al-Ḫwārizmī steht auf der Schwelle der arabisch-islamischen Wissenschaft. Und der Blick über seine Schulter gewährt das seltene geistige Abenteuer, eine Wissenschaft in ihrem Entstehen innerhalb einer jungen, sich eben entfaltenden Kultur mitzuerleben und zu beobachten, wie sie, die sich wie jede andere neu entstehende von Vorgefundenem nährt, von Anbeginn ihre eigene, unverwechselbare Gestalt entwickelt.

Die religiösen Pflichten zwingen die Gläubigen, ihre Kenntnisse zu erweitern und praktisch anzuwenden. »Suche Wissen von der Wiege bis zum Grabe«, hatte der Prophet gesagt. War schon der junge Islam des ersten Jahrhunderts durch die Notwendigkeit, sich zu kodifizieren, und erst recht im Zusammenstoß, in der Auseinandersetzung mit anderen, reifen Religionen gezwungen, sich auch geistig zu rüsten, eine Sprachwissenschaft, Philosophie und Geschichtsschreibung auszubilden – wieviel allgemeiner und dringlicher waren nun die Forderungen, die sich aus den religiösen Vorschriften für den Muslim im weiten Reich ergaben und ebenso aus der Aufgabe, einen Kontinente und Meere beherrschenden Staat zusammenzuhalten und zu regieren.

Das begann schon mit der Notwendigkeit, für jeden Tag und für jeden Ort Beginn und Dauer der fünf Gebetszeiten nach dem Sonnenstand zu berechnen, Anfang und Ende des Ramadans, des Fastenmonats, nach der Bewegung des Mondes zu bestimmen; ebenso die tägliche Fastenzeit und die Gebetsrichtung nach Mekka, wo immer zwischen Oxus und Atlantik der Gläubige seine Stirn auf die Erde beugte. Im Prinzip erforderte das bereits, die nötigen Instrumente herstellen und mit ihnen umgehen zu können, ja die einfachen und komplizierten Rechnungsarten zu bewältigen. Schon für die vorgeschriebene Pilgerfahrt durch Meer oder Wüste oder für die regen Handels- und Studienreisen mußten Himmelsbeobachtungen und Berechnungen der Gestirnsbewegungen vorgenommen werden; erst recht war eine Länderkunde mit Vermessungs-

und Landkarten für die Verwaltung des Reichs, für Postwesen und Steuerberechnung unerläßlich. Dazu kam die Notwendigkeit, Kranke zu heilen und in einer Millionenstadt wie Bagdad Seuchen zu verhindern, neue und bessere Heilmittel zu erproben, um ihretwillen in das Pflanzen- und Tierreich einzudringen und bisher unbegangene Wege zu erkunden.

Die Abbasidenkalifen haben dieses weite Aufgabenfeld als engagierte Auftraggeber zu ihrer Sache gemacht. Aber warum erst die Abbasiden, könnte man fragen, und nicht schon die Omaijaden? Die Ursachen liegen auch in einer veränderten religionspolitischen Situation: Immer stärker sickerten in den Islam dualistische Gedanken aus den zoroastrischen und manichäischen Lehren Persiens herein. Diese Fremdlehren riefen Abwehrkräfte innerhalb des Islams hervor, so die sehr aktive theologische Bewegung der Muʿtaziliten, deren geistiges Zentrum in Basra lag.[4] Enge, ja freundschaftliche Beziehungen verbanden sie mit dem zweiten Abbasidenkalifen al-Manṣūr und fast allen seinen Nachfolgern bis hin zu al-Ma'mūn, der die Doktrin der Muʿtaziliten 827 zum Staatsdogma erhob: den Glauben an die Einheit Gottes und die Wesenseinheit der göttlichen und der menschlichen Vernunft.

Hieraus – nicht aus dem reinen Traditionalismus der islamischen Orthodoxie – entsprang die neue geistige Bewegung: Die Vernunft des Menschen wesenseins mit der Vernunft Gottes – nur darum hatte der Prophet sagen können: »Wer nach Wissen strebt, betet Gott an.« Hier war nicht etwa ein freidenkerischer Rationalismus am Werk, dessen man die Muʿtaziliten gern verdächtigte; vielmehr sollten Erkenntnis und Wissen die Straße des Glaubens erleuchten. Für die Muʿtaziliten hatte, gemäß dem Wort des Propheten, »das

4 *Muʿtaziliten* (arab. »die sich Zurückziehenden« d. h. »Neutralen«, weil sie sich im Streit zwischen Schiʿa und den Omaijaden neutral verhielten): Anhänger einer theologischen Bewegung im Islam, die Ende des 8. Jh.s. von Basra ausging, im 9. Jh. die beherrschende theologische Richtung war, später aber bekämpft und dogmatisch überwunden wurde. Ihre führenden Köpfe waren Abū 'l-Huḏayl al-ʿAllāf und sein Schüler an-Naẓẓām. Die *Muʿtazila* lehnte den Anthropomorphismus der Orthodoxie und die traditionelle buchstabengetreue Auslegung des *Korans* ab; die Schrift als Geschaffenes aber nicht Ewiges müsse symbolisch ausgelegt, die Offenbarung, die Realität, von der Vernunft erleuchtet werden; die Vernunft sei das Kriterium der Wahrheit. Diese Grundhaltung entsprach in gewisser Weise dem hellenistischen Denken und regte die Adaption antiker Wissenschaft und Philosophie an. Die Muʿtazila hat somit dem Aufschwung der arabischen Wissenschaften im Mittelalter wesentliche Impulse gegeben.

Studium der Wissenschaft den Wert des Fastens, die Lehre der Wissenschaft aber den Wert des Gebets.« Er hatte ja den Gläubigen zugerufen: »Erwirb sie, aus welcher Quelle sie auch stammen mag! – Empfange Wissen sogar von den Lippen eines Ungläubigen!«[5]
Und das geschah, als im Jahr 773 ein Inder namens Kankah nach Bagdad kam. Eine Stimme aus dem 10. Jahrhundert berichtet, wie zum erstenmal ein Kalif den Anstoß gibt zu jener die arabische Welt mit der Gewalt einer Leidenschaft ergreifenden Bewegung, die arabische Wissenschaft heißt. Dies Ereignis sollte ein Menschenalter später auch für al-Ḫwārizmī von entscheidender Bedeutung werden.
»Im 156. Jahr der Hedschra erschien vor dem Kalifen al-Manṣūr ein Mann aus Indien, welcher in der – unter dem Namen ›Sindhind‹ bekannten – Rechnungsweise, die sich auf die Bewegung der Sterne bezieht, sehr geübt war. Sie stand in einem Buch, das er aus den *Kardağas* ausgezogen haben wollte, die den Namen des Königs Fīgar (d. h. Vyāghramukha) tragen. Al-Manṣūr befahl, dieses Buch ins Arabische zu übersetzen und danach ein Werk zu verfassen, das die Araber den Planetenbewegungen zugrunde legen könnten. Und mit dieser Arbeit wurde Moḥammed ben Ibrāhīm al-Fazārī beauftragt, der danach ein Werk verfaßte, das bei den Astronomen der große *Sindhind* heißt. Das Wort ›Sindhind‹ bedeutet nämlich in der Sprache der Inder ewige Dauer. Insbesondere die Gelehrten jener Zeit bis zur Regierung des Kalifen al-Ma'mūn richteten sich danach. Für diese wurde ein Auszug aus dem Werk durch Abū Ğa'far Muḥammad ibn Mūsā al-Ḫwārizmī angefertigt, der sich dessen auch zur Herstellung seiner in den Ländern des Islams berühmten Tabellen bediente.«[6] Das Sammeln von Manuskripten indischer, griechischer und hellenistischer Autoren, die dem allgemeinen Vernichtungswerk christlicher Eiferer entgangen waren, die Übertragung des geistigen Erbes einer älteren Kultur in die Sprache des *Korans*, die jeder einfache Muslim im arabischen Reich zu lesen und zu verstehen imstande war und die jedem »das Wissen, aus welcher Quelle es auch stammen mag«, zugänglich machte – das also, was mit dem Befehl al-Manṣūrs begonnen hatte und von seinem Enkel Harun ar-Raschid mit der Errichtung eines ersten Bayt al-Ḥiqma fortgesetzt worden war, machte dessen Sohn al-Ma'mūn, jener hochgebildete Kalif, zum Hauptanliegen seines Ka-

5 Vgl. Sigrid Hunke, *Allahs Sonne über dem Abendland*, Stuttgart 1960, S. 69–107.
6 F. Woepcke in: *Journal Asiatique*, 1. Halbjahr 1863, S. 474ff.

lifats. Und wenn er um »der Suche nach Wissen« willen Sondergesandtschaften zu den Ungläubigen, an Kaiser Theophilos in Byzanz, nach Cypern oder Indien entsenden muß und nach dem Sieg über Michael III. die Auslieferung von Manuskripten griechischer Philosophen zur Bedingung des Friedens macht. So gelangen neben dem *Sindhind*, einem Auszug aus dem von Brahmagupta 628 verfaßten Lehrbuch der Mathematik und Astronomie, *Siddhanta*, und einer im 5. Jahrhundert entstandenen Schrift des Aryabhata auch die *Elemente* des Euklid, die *Megale Syntaxis* und die *Geographike Hypegesis* des Ptolemäus, Schriften des Aristoteles und anderer griechischer Autoren in die arabischen Übersetzerschulen von Bagdad.

Al-Ma'mūn war schon als Knabe ein großes intellektuelles Versprechen gewesen. »Gepriesen sei Allah«, hatte sein Vater Harun ar-Raschid eines Tages auf eine Antwort seines Lieblingssohns hin ausgerufen, »der mich mit einem Sohn gesegnet hat, der mit den Augen des Geistes mehr sieht als mit dem leiblichen Auge«. Der Kalif al-Ma'mūn beschäftigt sich selber sehr eingehend mit allen Zweigen der Wissenschaft, an welchen Bäumen sie auch gewachsen sind. Die von überall eingebrachten Funde übergibt er seinen »Sekretären für Übersetzung« (*Amīn ʿalā at-tarǧama*), die er zugleich mit der Leitung seiner Akademien beauftragt. Sie haben die zu übersetzenden Werke auszuwählen, sie nach Fachgebiet und Fähigkeit den Übersetzern zuzuteilen, deren Arbeit mit Hilfe von Redakteuren zu überwachen, zu koordinieren und durch Korrektoren prüfen zu lassen. Erst nach einer abschließenden Kontrolle übergeben sie die Übersetzung der Bibliothek des Bayt al-Ḥiqma, wo sie von den Schreibern auf dem neuen Papier, das man seit 794 für die Kanzleien und Bibliotheken des Kalifen in der ersten Papiermühle von Bagdad selbst herstellt, mit Tinte in modernisierter kufischer Schrift kopiert, mit dem Ex libris (*ʿalāma*) al-Ma'mūns versehen und aufgestellt werden.

Der Beherrscher der Gläubigen, der selber Schriften und Abhandlungen verfaßt, nimmt persönlichen Einfluß auf die Arbeit in seinen Akademien, wo die Bücher nicht verstauben, sondern dem Studium dienen. Er befiehlt, verständliche Auszüge herzustellen, Bearbeitungen und Verbesserungen jener Bücher vorzunehmen, von denen er besonderen Nutzen erwartet. Einmal in der Woche besucht er seine Akademien, die sich zu wahren Foren der Muʿtaziliten entwickelt haben, um an Diskussionen teilzunehmen, wobei er

es liebt, hinter einem Wandschirm verborgen den Gesprächen zu folgen, um dann unversehens in sie einzugreifen und neue Aufgaben zu entwickeln. Selbstverständlich müssen sich dem Kalifen alle Mitarbeiter an seinem großen Übersetzungs- und Forschungswerk jederzeit zur Verfügung halten. Sie stehen in seinem Dienst, empfangen von ihm ein Gehalt, dazu Wohnung und Verpflegung im Bayt al-Ḥiqma. Der Aufwand für den Lebensunterhalt ist bescheiden. Doch für Gelehrte, die er mit besonderen Untersuchungen oder Kommentaren beauftragt, läßt er anfangs noch im Palast Zimmer bereitstellen und Diener, die jeden Wunsch zu erfüllen haben. So war es bald nötig, neben dem ersten Bayt al-Ḥiqma Harun ar-Raschids weitere zu eröffnen. Am Šammāsīya-Tor errichtete al-Ma'mūn jene Akademie, die durch al-Ḫwārizmī die berühmteste von allen werden sollte. Dieses neue Gebäude im Šammāsīya-Viertel, dem höchstgelegenen Teil Bagdads, widmet der Kalif der Sternkunde und Sternbeobachtung, wofür er es mit einem Observatorium ausstattet; eine Abteilung dient der Sterndeutung. Er unterstellt es der Leitung des Astronomen Yaḥyā ibn Abī Manṣūr. Ihm übergibt er auch seine Mündel, die drei verwaisten Söhne seines Freundes Mūsā ibn Šakir, damit sie in der Sternwarte bei den Beobachtungen der Sterne helfen und zu tüchtigen Wissenschaftlern heranwachsen.[7]

Die Leuchte dieses Bayt al-Ḥiqma aber ist al-Ḫwārizmī. Ihn beauftragt der Kalif, einen Auszug aus dem astronomischen Werk der Inder zu verfertigen. Er verfaßt auf Befehl des Kalifen ein astronomisches Tafelwerk, das seinen wissenschaftlichen Ruf in den Ländern des Islams begründet. »Die Astronomen«, fügt unser Berichterstatter aus dem 10. Jahrhundert hinzu, »schätzten das Werk sehr und verbreiteten es rasch weiter. Noch heute ist es sehr gesucht von denjenigen, die sich mit der Berechnung der Gleichungen der Planeten beschäftigen.«

Denn al-Ḫwārizmī verfügt über eine reiche Kenntnis nicht nur der indischen Astronomie, er hat auch Euklid und die Werke des Ptolemäus eingehend studiert und ist in ihre noch neue, fremde Gedankenwelt eingedrungen. Aber er bringt auch eine Urteilsfähigkeit mit, die kritisch zu prüfen und das Brauchbare vom Unbrauchbaren zu sondern weiß. Er stützt seine Berechnungen – wie jener Berichterstatter vermerkt – für die mittleren Bewegungen auf die

7 Vgl. Sigrid Hunke, a. a. O.

Methoden der Inder, weicht aber für die Gleichungen und die Deklination der Sonne von ihnen ab, indem er sich für die einen der Weise der Perser, für die andere der Methoden des Ptolemäus bedient. Er übernimmt nicht kritiklos, er wagt sich auf eigene, selbständige Wege, auch wenn sie nicht immer ans Ziel führen. Bereits dieser Mut, der sich vor der fremden und hohen Autorität weder duckt, noch sich barbarisch-großsprecherisch über sie hinwegsetzt, vielmehr prüft, untersucht und erst dann bereinigt, zeigt eine starke wissenschaftliche Persönlichkeit.
Mit anderen Astronomen führt er systematische Beobachtungen der Bewegungen der Himmelskörper durch, die gleichzeitig in den Sternwarten am Šāmmāsīya-Tor und auf dem Berg Qāsiyūn nördlich von Damaskus vorgenommen werden und zu erstaunlich exakten Resultaten führen. Man überprüft die Angaben im Tafelwerk des Ptolemäus (*Almagest*) und berichtigt sie in grundlegenden Punkten. Auf Befehl des Kalifen reisen diese Astronomen zur Vermessung des Erdumfangs in die Ebenen westlich von Mossul und zwischen Raqqa und Palmyra, wo sie einen Grad des Meridians auf neue Weise mit einer staunenswerten Genauigkeit berechnen. Und immer wieder zieht al-Ḫwārizmī sich von seinen Expeditionen, die der beobachtenden Feldforschung dienen, zu seinen Manuskripten ins Bayt al-Ḥiqma zurück.

Was meint dieses arabische *Ḥiqma*, dem die Kalifen ihre Akademien geweiht haben? Weisheit, Wissen – »die Erkenntnis der besten Sache vermittelst des besten Wissens«, »die Erforschung der wirklichen Natur der Dinge, wie sie in sich sind, soweit das dem Menschen möglich ist«. Und das ist ein Programm!
Im Bagdad al-Ma'mūns empfängt die arabische Wissenschaft ihr eigentliches Gesicht. In der Gelehrtenpersönlichkeit des al-Ḫwārizmī werden bereits all jene Wesenszüge sichtbar, die dieser Wissenschaft das eigentümliche, es von ihren griechischen und indischen Vorbildern tief unterscheidende Gepräge geben. Und dies eben ist es, was sie zu ihren über die Aneignung des Fremden hinausgehenden, selbständigen Leistungen befähigt hat: ein durchaus neuer wissenschaftlicher Sinn, der nichts für bewiesen hinnimmt, was nicht die Erfahrung erhärtet hat; der Sinn nüchterner Prüfung und geduldiger, peinlich genauer, immer wiederholter Beobachtung und Messung, der schon bald die Methode des naturwissenschaftlichen Experiments hervorbringen wird, und anstelle von

Deduktion und philosophischer Spekulation der ganz gediegene, stufenweise Aufstieg der Induktion vom Bekannten zum Unbekannten. Eine Wissenschaft, die unmittelbar dem Leben, dem praktischen Alltag dienen, die an Lernende und Studenten weitergegeben werden will und gemäß ihrem exakten Charakter eine Wissenschaftssprache ausbildet mit einer vorbildlich klaren, trokkenen und präzisen Terminologie, wie sie sich für eine exakte Wissenschaft eignet.

Im Bayt al-Ḥiqma schreibt der Astronom al-Ḫwārizmī, immer hautnah an der Wirklichkeit, an Erfahrung und Praxis, eine Schrift über Sonnenuhren, zwei Abhandlungen über das Astrolab, über die Art, wie man es herstellt und wie man es verwendet. Denn dieser »Sternfasser«, wie die Griechen das kleine, handliche Instrument genannt hatten, war der Araber liebstes und meistverwendetes Meßinstrument (siehe die Abbildung S. 57). Die flache, mit einem Ring zum Aufhängen versehene Metallscheibe mit Gradeinteilungen auf Vorder- und Rückseite und dem beweglichen Meßzeiger, der *Alhidade*, leistete ihnen unentbehrliche Dienste bei ihrer Orientierung in Zeit und Raum. Hatte Ptolemäus nur zwei Anwendungen für rein astrologische Bestimmungen aufgeführt – und auch dies beleuchtet die Unterschiede in Tendenz und Charakter hellenistischer und arabischer Wissenschaft –, so führt al Ḫwārizmī bereits dreiundvierzig Probleme vor, und ein Nachfolger wird bald ihrer tausend aufstellen. Unter den rein astronomischen und astrologischen Aufgaben gibt al-Ḫwārizmī solche der Zeit- und Ortsmessung im Dienst des Kults und der geographischen Ortsbestimmung für Pilger, Reisende und für die staatliche Verwaltung. Weshalb er sein Buch mit der Bestimmung der Tageszeit beginnt:

»Mūḥammad ibn Mūsā al-Ḫwārizmī sagt: Das erste, wessen der bedarf, der das Astrolab verwendet, ist die Bestimmung der Höhe der Sonne. Willst du die Höhe bestimmen, so kehre das Astrolab mit seinem Rücken dir zu und hänge es an deiner rechten Hand auf; dabei steht die Sonne deiner linken Schulter gegenüber. Dann richte die neunzig Striche, die sich auf dem Rücken des Astrolabs befinden, nach der Sonne. Hierauf hebe stetig die Alhidade, bis du die Sonne in beide Löcher der Alhidade eintreten siehst. Dann sieh zu, auf welche Stelle der Zeiger, der sich an der Alhidade befindet – dieser ist ihr zugespitztes Ende –, von den neunzig Teilen fällt, die sich auf dem Rücken des Astrolabs befinden. Dies ist die Sonnenhöhe zu dieser Stunde. Merke sie dir!

Willst du die Breite des Ortes bestimmen ...
Willst du bestimmen, ob die Stadt, in der du dich befindest, südlich oder nördlich (von einer anderen) liegt ...
Willst du den Aufgang der Morgendämmerung ... die Zeit des Mittags- und des Nachmittagsgebets ... die Zeit des Mondaufgangs bestimmen ...«
Und was dem auf Zuverlässigkeit und Genauigkeit bedachten al-Ḫwārizmī besonders amHerzen liegt: »Willst du das Astrolab auf seine Fehlerlosigkeit prüfen, so bestimme ...«[8]
Gemeinsam mit anderen Gelehrten stellt al-Ḫwārizmī einen Atlas von Himmels- und Erdkarten zusammen, der die Geographie des Ptolemäus selbständig verarbeitet und sie sowohl durch Positionen neuer Orte als auch durch die Verkürzung des dem Alexandriner zu riesig geratenen Mittelmeers berichtigt. Wie er seinem astronomischen Tafelwerk eine theoretische Astronomie mitgibt, so steuert er den Begleittext zu dem Kartenwerk *Das Werk über die Gestalt der Erde* bei, das auch als *Das Werk der Zeichnung des bewohnten Erdviertels* bekannt wird und sich heute – in einer Handschrift aus Bagdad von 1037 – in Straßburg befindet. Hier ordnet al-Ḫwārizmī jede Gattung geographischer Objekte in gesonderten Tabellen, in denen neben Städten, Gebirgen und Flüssen auch die verschiedenen Küstenformen in den für sie verwendeten Termini erscheinen.

Aber unsterblich gemacht haben diesen Großen aus der Frühzeit arabisch-islamischer Wissenschaft nicht seine astronomischen und nicht seine geographischen Werke. Unsterblich geworden ist der *Mathematiker* al-Ḫwārizmī. Zwei Bücher sind es, mit denen er sich als solcher in die Geschichte eingeschrieben hat.
Um das Jahr 820 verfaßt er ein mathematisches Werk mit dem Titel *Al-Ǧabr wa'l-Muqābala*, das heißt *Wiederherstellung und Ausgleich* – nämlich bei der Umformung von Gleichungen. Auch darin wiederholt sich, was schon seine anderen Schriften auszeichnete: hier herrscht nicht die dünne, abstrakte Luft der Zahlentheorie und Zahlenspekulation der Griechen, hier führen handfeste, Schritt für Schritt vorgetragene Rechenbeispiele aus der Praxis – und zwar, wie er selber betont, »die allergewöhnlichsten Fälle« – in das im Alltag angewandte Rechnen hinein. Ein Rechnen, das nicht mehr

8 Nach J. Frank, Die Verwendung des Astrolabs nach al-Chwārizmī, in: *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaft und Medizin* 3 / 1922, S. 1–32.

nur Geistesgenuß für einige Gelehrte bleibt – hier lehrt al-Ḫwārizmī (und dabei bewegt er sich ganz selbständig und frei von fremden Vorbildern auf eigenen Wegen) den arabischen Bürger, den Kaufmann, den Testamentsvollstrecker, der mit dem komplizierten Erbrecht des Korans fertigwerden muß, was sie für ihre Praxis brauchen. Dieses bedeutende Werk erlangt in der arabischen Welt hohes Ansehen und großen Einfluß auf seine Nachfolger in diesem Zweig; es findet in lateinischen Übersetzungen und Bearbeitungen durch Johannes von Sevilla (um 1140), Gerhard von Cremona (um 1150) und Robert von Chester (1145) auch Eingang ins Abendland. Aber auch Leonardo von Pisa, der größte Mathematiker des europäischen Mittelalters vor Descartes, der schon als Knabe bei einem arabischen Rechenlehrer und während seiner Kaufmannsreisen an arabischen Universitäten gelernt hat, ist bei al-Ḫwārizmī in die Schule gegangen; in seinem *Liber Abaci* von 1202 wird aus dem latinisierten ersten Wort *Al-Ǧabr* im Titel von al-Ḫwārizmīs Buch zum erstenmal und für alle Zeiten das Wort »Algebra«.[9]
Vielleicht hat sich noch ein anderes Wort, das al-Ḫwārizmī in seinem Buch über Algebra für die gesuchte Unbekannte einführt und das sein ganz auf die Sache bezogenes Denken zeigt, nach abenteuerlicher Wanderschaft bei uns Bürgerrecht erworben. Doch sehen wir ihm seine arabische Abkunft noch an? Die Unbekannte einer Gleichung nennt al-Ḫwārizmī »die Sache«, *schai*, was abgekürzt zu *sch* wurde. Das Altspanische aber gibt den sch-Laut durch das x-Zeichen wieder. Und so gelangte al-Ḫwārizmīs »Sache« in der spanischen Maske, die rein zufällig unserem drittletzten Buchstaben des Alphabets glich, als *x* in unsere Algebra, wo das Kuriose

9 Leonardo Fibonacci von Pisa (auch Leonardus Pisanus, um 1180–1242), italienischer Kaufmann und Mathematiker, stand in enger Beziehung zum Hof Kaiser Friedrichs II.; er verfaßte 1202 mit seinem *Liber Abaci (Das Buch des Abakus)* das grundlegende arithmetische Lehrbuch des Mittelalters. Er hatte als Knabe durch seinen arabischen Lehrer und auf Handelsreisen in Ägypten und Syrien das indische Stellenwertsystem und die arabische Mathematik kennengelernt. Der *Liber Abaci*, den der Autor zwischen 1220 und 1228 nochmals gründlich überarbeitete, ist die erste systematische und mit Beispielen versehene Einführung in die neue Rechenart in Europa. Ein zweites Werk, entstanden 1220, ist seine *Practica Geometriae (Praktische Geometrie)*, eine Einführung in die Geometrie, die zum einen auf der handwerklichen Tradition römischer Feldmesser (etwa auf der *Geometria* des Gerbert von Aurillac), zum anderen auf arabischen Bearbeitungen der geometrischen Schriften des Euklid, Ptolemäus und Heron und neueren arabischen und hebräischen Quellen (Abraham bar Ḥiya und Abū Kāmil) fußt. (Ausg.: *Scritti*, 2 Bde., hrsg. von B. Boncompagni, Rom 1857–62). – Vgl. auch Sigrid Hunke, a. a. O., S. 58 ff.

geschah, daß man ihm ahnungslos – der lieben alphabetischen Ordnung wegen – ein *y* und *z* für die zweite und dritte Unbekannte zugesellte. Ja, es ging in unsere Umgangssprache ein, in der wir es »x-beliebig« verwenden. Grundsätzlich wäre natürlich nicht einzusehen, weshalb nicht jeder x-beliebige Buchstabe unseres Alphabets die wichtige Rolle der geheimnisvollen Unbekannten hätte spielen können, die der große Mathematiker vor 950 Jahren »die Sache« genannt hatte.

Doch dieser nüchterne Mathematiker ist zu wenig bloßer Rationalist, als daß er sich – gläubiger Muslim und Anhänger des muʿtazilitischen Einheitsglaubens – nicht ein Ausbrechen in den metaphysischen Bereich gestattet hätte. Nach dem Anruf und Preis Gottes, mit dem er wie jeder Muslim jedes seiner Werke beginnt, findet sich dieses Bekenntnis zur göttlichen Einheit, der aller Dinge Ursprung und Wesen ist: Denn »die Einheit wird in jeder Zahl gefunden – weil die Einheit Wurzel jeder Zahl und außerhalb der Zahl ist«.

Unermeßliche Bedeutung aber sollte sein zweites mathematisches Werk erringen. Es war nur ein kleines Rechenbuch und sollte doch eine Revolution – nicht nur in der Arithmetik und Rechenkunst, und nicht nur in der arabischen Welt – hervorrufen. Revolutionär war schon der Grundgedanke, die alten Zahlzeichen durch neue zu ersetzen, die überall geltenden griechischen und römischen Zahlenschreibungen in Buchstaben gegen die indischen Zahlen auszutauschen, die in jenem Werk verwendet waren, das der Inder Kankah fünfzig Jahre zuvor nach Bagdad gebracht hatte. Allein, mit dem bloßen Auswechseln war es dabei eben nicht getan! Ganz anders als die Einer, Zehner, Hunderter bündelnden Zahlschriften war dieses Zahlensystem strukturiert, in dem jeder der neun Einer einzeln »benannt« ist, aber seinen Wert *als* Einer, Zehner, Hunderter und so fort durch die Stelle empfängt, an der er steht. Dieses Stellenwertsystem mit den neun Zeichen und der Null entwickelt zu haben, ist das große Verdienst der Inder. Schon vor der arabischen Eroberung waren die indischen Zeichen in einzelne syrische Klöster gedrungen. Aber ein Operieren mit ihnen war noch nicht möglich, weil den neuen Besitzern Sinn und Bedeutung der Null noch nicht aufgegangen war.

Das wird anders, nachdem diese Zahlzeichen mit dem indischen *Siddhanta* sozusagen in offizieller Mission an den Kalifenhof gekommen waren, nein, als al-Ḫwārizmī erfaßt, was sich mit den seltsamen Zeichen anfangen läßt, und sich daran macht, die ara-

bischen Landsleute einfach und klar die neun Zahlen und ihre Verwendung mit der Null zu lehren: wie man sie schreibt, wie man mit ihnen rechnet, sie addiert und subtrahiert, halbiert und verdoppelt, multipliziert und dividiert, wobei er die Neunerprobe zur Prüfung heranzieht, und wie man bruchrechnet.

Und die Null? Ohne sie ist überhaupt keines der Rechenverfahren möglich, selbst kein Addieren. Denn wenn die Summe der Einer die 9 übersteigt – so rät al-Ḫwārizmī –, rechne die Zehner der zweiten Stelle (von rechts) zu und lasse was übrigbleibt, an der ersten Stelle stehen. »Bleibt nichts übrig, so setze das Kreislein, damit die Stelle nicht leer sei, sondern das Kreislein muß sie einnehmen, damit nicht, wenn sie leer bleibt, die Stellen vermindert werden und etwa die zweite für die erste gehalten wird.«[10] Das heißt: bei 138 + 2 muß an der ersten Stelle »das Kreislein«, unsere 0, die Leere ausfüllen, »damit nicht, wenn sie leer bleibt«, die Summe 140 als 14 erscheine, weil »die zweite Stelle – der 4 Zehner – für die erste – als 4 – gehalten wird«.[11] Die »Leere«, symbolisiert durch den Kreis, heißt arabisch *ṣifr*, was bei Leonardo von Pisa, der über die Kaufleute und Bankhalter ganz Italien und das Abendland die »arabische« Zahlschrift nach al-Ḫwārizmī lehren sollte, unübersetzt übernommen und latinisiert zu *cephirum* und zu *zero* wird, sich jedoch mit der Zeit als *chiffre* und *Ziffer* auf die arabischen Zahlzeichen insgesamt ausdehnt. Aber welch weiter Weg, bis Europa überhaupt in der Lage war, sie zu verstehen und mit ihnen umzugehen!

Unbestritten bleibt der genialen indischen Erfindung der Ziffern mit dem Stellenwertsystem der Ruhm, eine der entscheidenden geistigen Leistungen der Menschheit zu sein. Aber nicht hoch genug kann auch jene Denkleistung der Muslime eingeschätzt werden: in kürzester Zeit, gänzlich unvorbereitet, einen für sie fremden Denkprozeß zu verstehen, nachzuvollziehen und durchzusetzen – einen Prozeß, der im Abendland seit seinem ersten Einsetzen vier bis fünf Jahrhunderte bornierter Ignoranz und grotesken Widerstandes, dramatischer Kämpfe und hemmender Mißverständnisse brauchte.

Daß sich hier wie dort das indische Zahlensystem durchgesetzt hat und zur Zahlschrift der Welt wurde, ist al-Ḫwārizmīs Verdienst.

10 Algoṛizmi, De numero Indorum, in: *Algorismus*, ed. K. Vogel, Aalen 1963, S. 9.
11 Ebenda, S. 17.

Was indische Versdichtungen in pompöser, geheimnisdunkler Sprache weniger erhellten als verhüllten, das schleift sich sein nüchtern, begrifflich präzise arbeitender Verstand zu kristallener Klarheit zurecht. Al-Ḫwārizmī war es, der erst die Arithmetik, die Rechenkunst, für den Gebrauch in den Wissenschaften und im Alltag entwickelt, systematisiert und handlich gemacht hat, ebenso wie er es war, der die Algebra als exakte Wissenschaft begründet hat. Zu welcher Höhe seine Nachfolger in der arabischen Welt sie führten, blieb Europa zu ihrer Zeit unbekannt. Das kleine Rechenbuch al-Ḫwārizmīs dagegen, von dem ein Araber gesagt hatte, es übertreffe alle anderen an Kürze und Klarheit, findet in der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts seinen lateinischen Übersetzer möglicherweise in Athelhart von Bath, jenem der arabischen Welt und Sprache kundigen Engländer, der auch die astronomischen Tafeln überträgt und ein weiteres Schriftchen unter dem Titel *Liber ysagogorum Alchorismi in artem astronomicam* verfaßt.[12] Die Übersetzung des Rechenbuchs *De numero Indorum* beginnt: »Dixit algorizmi: laudes deo rectori nostri atque defensori dicamus dignas – Also sprach Algorizmi: Laßt uns Gott verdientes Lob sagen, unserem Lenker und Beschützer.«

In Wien, in den Klöstern Salem und Tegernsee aufgefundene Handschriften aus dem 12. Jahrhundert, unter ihnen ein *Liber algorizmi*, beweisen: Bereits um diese Zeit wird das Rechnen nach al-Ḫwārizmī in Süddeutschland gelehrt. Doch al-Ḫwārizmī hat nicht nur als Lehrer »gesprochen«. Sein Name geht, ohne hinfort seinen Urheber preiszugeben, auf die »neue Kunst mit den zweimal fünf Ziffern« selbst über, für die Alexander de Villa Dei mit seinem weitverbreiteten *Carmen de algorismo* die Werbetrommel rührt. Dem »Algorithmus« oder »Algorismus« – wie jetzt schlechthin das Rechnen mit den indisch-arabischen Ziffern nach al-Ḫwārizmī heißen wird – gelingt das Außerordentliche, der Einbruch in einen bisher exklusiven Kreis: ab 1395 tritt für die folgenden Jahrhunderte der »Algorismus« als selbständiges Lehrfach an den Hohen Schulen des Abendlandes neben das bisher hier alleinherrschende Quadrivium. Sein Siegeszug beginnt.

12 Athelhart von Bath (auch Adelard v. B., um 1090–nach 1142), englischer Scholastiker, übersetzte einige wichtige arabische wissenschaftliche Werke ins Lateinische, neben denen Ḫwārizmīs u. a. eine astrologische Schrift Abu Maʿšars, sowie die arabisch überlieferten *Elemente* des Euklid. (Siehe auch Bibliographie, *Schriften*.)

Im vormals arabischen Spanien aber bleibt der Name des Mannes, der die Welt die heutige Zahlschrift und das Rechnen lehrte und eine neue Epoche der Mathematik heraufführte, sogar an seinem Werkzeug selber haften. Was wir nach der arabischen Form *Ziffer* nennen, heißt dort *guarismo*. Und auch dieses Wort befestigt den Namen des al-Ḫwārizmī im Gedächtnis der Nachwelt.